

## **Przebudowa Falochronu Wschodniego w ramach modernizacji wejścia do Portu Wewnętrznego w Gdańsku**

**Mgr inż. Wojciech Kaładkiewicz – Grontmij Polska Sp. z o.o.**

**Mgr inż. Aleksandra Wawrzyńska – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska**

**Mgr inż. Andrzej Małkiewicz – Urząd Morski w Gdyni**

Port Morski w Gdańsku to istotny węzeł komunikacyjny o znaczeniu międzynarodowym, i jako jeden z kluczowych elementów infrastruktury logistyczno-transportowej w skali Polski włączono go do Transeuropejskiego Korytarza Transportowego nr VI, który stanowi połączenie krajów skandynawskich z europejskimi państwami znajdującymi się na południu oraz wschodzie kontynentu [4].

Modernizacja wejścia do Portu Wewnętrznego ma istotne znaczenie w celu poprawy jego konkurencyjności poprzez umożliwienie zwiększenia tonażu statków obsługiwanych przez

znajdujące się w jego obrębie terminale, w tym terminalu kontenerowego (GTK), bazy i terminalu promów pasażerskich oraz statków ro-ro, bazy przeładunków samochodów osobowych i owoców cytrusowych, czy bazy obsługi ładunków masowych (siarka). Realizacja zadania ma na celu również poprawę bezpieczeństwa statków wchodzących do Portu Wewnętrznego, (rys. 1) [2]. Jej zasadniczym elementem jest przeprowadzona w latach 2011-2012 przebudowa Falochronu Wschodniego przy wejściu do Portu Wewnętrznego w Gdańsku.



Rys. 1. Zdjęcie lotnicze na wejście do Portu Gdańskiego i Falochron Wschodni [6]

## KRÓTKA HISTORIA WEJŚCIA DO PORTU WEWNĘTRZNEGO

Ujście Wisły, jak każdej rzeki, w ciągu tysiącleci ulegało deformacji na skutek odkładania się niesionego rumowiska oraz działania prądów wodnych i wiatru. W ten sposób powstały całe Żuławy z siecią dróg wodnych, zagospodarowane później przez człowieka.

Miasto Gdańsk leżące przy ujściu rzeki Motławy do Wisły miało pierwotnie swój port na spokojniejszych wodach Motławy, natomiast, aby wyjść na morze, trzeba było przepłynąć kilka mil głównym nurtem Wisły, a tam w ujściu powstawały i przemieszczały się mielizny, szczególnie po większych sztormach i wezbraniach rzeki. Powstawanie zachodniej mielizny (Westerplatte) obrazuje rycina z XVII wieku (rys. 2). Widać na niej wytyczoną i pogłębioną już Głębię Zachodnią, która stała się wówczas głównym wejściem do portu. Odsunięta od głównego nurtu Wisły i zabezpieczona służą, nie wymagała tak częstych interwencji pogłębiarskich. Mielizna-łacha zachodnia (Westerplatte) znalazła się po wschodniej stronie nowego toru wodnego. W ten sposób powstało główne wejście do portu Gdańskiego (obecnie do Portu Wewnętrznego). W latach dwudziestych XIX wieku zdecydowano o budowie nowego kamiennego falochronu w miejsce dotychczasowego, uszkodzonego,

o konstrukcji kaszycowej (drewnianych skrzyń wypełnionych kamieniami). Falochron Wschodni, oprócz ochrony wejścia do portu przed falowaniem z najniekorzystniejszych kierunków wschodnich, miał za zadanie ochronę toru wodnego przed zapiaszczeniem z pobliskiego głównego ujścia Wisły, które znajdowało się w odległości około jednej mili na wschód, na wysokości obecnego Zakrętu Pięciu Gwizdków. Budowę falochronu zakończono w 1839 roku. Według posiadanych materiałów archiwalnych i dokonanych podczas prac remontowych odkrywek można stwierdzić, że rdzeń falochronu składa się z konstrukcji kaszycowej i materacy faszynowych. Wyprofilowany narzutem kamienno-piaszczysto-wapiennym korpus falochronu obłożony jest blokami kamiennymi o ciężarze od około 8 do 25 kN. Bloki kamienne w większości granitowe, ale również bazaltowe, obrobiono i dopasowano tak, że nawet po wieloletniej, znacznej destrukcji zaprawy, pozostały w większości na swoim miejscu, spełniając z powodzeniem rolę solidnego oblicowania korpusu falochronu (rys. 3 i 4). Ponadto obły kształt falochronu z łagodnym nachyleniem 1:3 w stronę morza powodował skuteczne wygaszanie podchodzących fal bez narażania go na dynamiczne uderzenia. Całkowita długość falochronu wraz z częścią lądową wynosiła blisko 750 m. Na oblicowanie konstrukcji falochronu sprowadzono, a po obrobieniu wbudowano kilkanaście tysięcy głazów o ciężarze ponad 10 kN. Różnorodne kolory i struktury elementów wskazują wyraźnie, że nie pochodziły one z kamie-









Rys. 3. Kamienna wykładzina falochronu przed przebudową



Rys. 4. Widok na konstrukcję wykładziny falochronu z XIX wieku

niółomu, lecz były zbierane na okolicznych polach kaszubskich czy żwirowniach. Była to tytaniczna praca jak na ówczesne możliwości techniczne. Do dzisiaj podziwiać możemy tę „cyklopową” budowlę, gdyż przebudowę zaprojektowano tak, że omawiana efektowna i zabytkowa konstrukcja pozostaje widoczna. Od strony Toru Wejściowego stateczność skarpy poprawiała palisada z pali drewnianych. W tym miejscu z czasem powstał również drewniany pomost komunikacyjno-spacerowy.

Wiosną 1840 roku na skutek zatoru lodowego w okolicy dzisiejszej miejscowości Płonie Wisła przerwała wydmy nadmorskie w okolicach obecnych Górek Zachodnich i powstało nowe ujście oddalone od poprzedniego o około 3 mile morskie w linii brzegowej. Ten odcinek Wisły nazwany został przez będącego pod wrażeniem tych wydarzeń, poetę Wincentego Pola, Wisłą Śmiałą i ta nazwa dwu kilometrowego odcinka Wisły pozostała do dzisiaj. Powstanie tego naturalnego ujścia miało korzystny wpływ na funkcjonowanie portu gdańskiego i bezpieczeństwo przeciwpowodziowe Gdańska, szczególnie po wybudowaniu wrót przeciwpowodziowych w Płoni. Odcinek Wisły od Płoni do Westerplatte stał się „martwym” korytem rzeki niezależnym od stanów wody na Wiśle i pozbawionym problemu intensywnego zapiaszczania.

Pół wieku później, w latach 1890-1895, w celu zabezpieczenia Żuław przed powodzią wykonano przekop Wisły koło obecnej miejscowości Świbno, natomiast Wisłę Gdańską i Wisłę Elbląską (Szkarpawę) odcięto śluzami w Przegalinie i w Gdańskiej Głowie. Po tych wielkich pracach hydrotechnicznych radykalnie wzrosło bezpieczeństwo przeciwpowodziowe całych Żuław.

## PRZEBUDOWA FALOCHRONU WSCHODNIEGO

Głównym założeniem modernizacji wejścia do portu było umożliwienie bezpiecznego wprowadzania i obsługi statków o większych niż dotychczas gabarytach: długości  $L = 250$  m, szerokości  $B = 35$  m, zanurzeniu  $T = 10,6$  m. W świetle powyższego, niezbędne było poszerzenie wejścia z około 65 m do 95 m u nasady falochronu Wschodniego [1]. W pierwszej kolejności, w latach 2005-2008, (tj. od podpisania Umowy o dofinansowanie do odbioru robót budowlanych) rozebrano dawny falochron Zachodni i wybudowano nowy, przesunięty w kierunku zachodnim o 80 m. Przebudowa Falochronu Wschodniego w latach 2011-2012 była następnym etapem modernizacji wejścia do Portu Wewnętrznego w Porcie Gdańsk.

Ostatni remont Falochronu Wschodniego (przed przebudową) przeprowadzono w 1946 roku i w swoim obecnym kształcie oraz stanie technicznym nie pozwalał na docelowe poszerzenie toru wodnego (rys. 5). Przebudowa falochronu polegała na:

- Remontie istniejącej konstrukcji kamiennej wykorzystanej jako konstrukcja szkieletowa przebudowanego falochronu.

Remont polegał na wykonaniu uzupełnień pod okładziną kamienną betonem hydrotechnicznym z uzupełnieniem zapadniętych bloków wykładziny kamiennej oraz wykonaniu i renowacji zniszczonego spoinowania okładziny kamiennej.

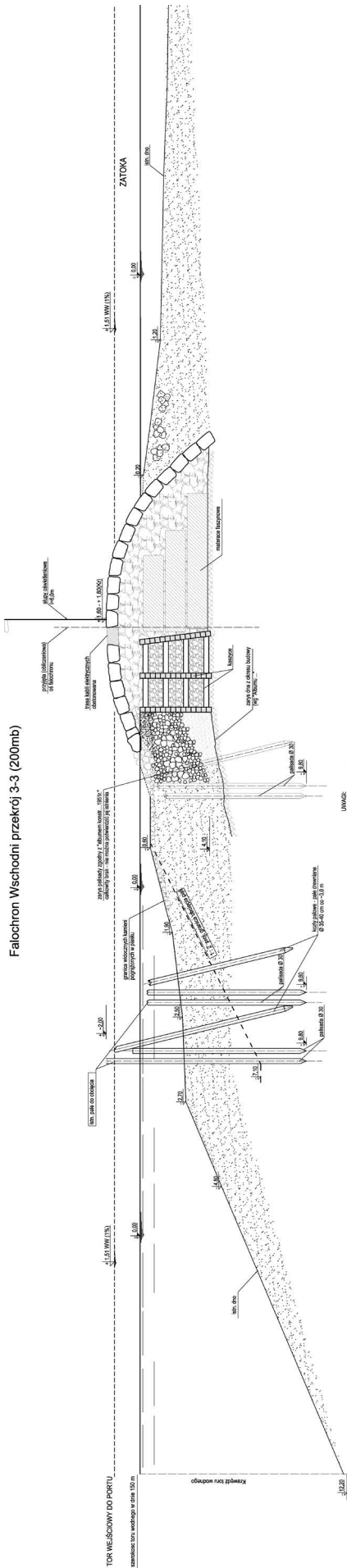
- Wykonaniu falochronu narzutowego od strony zatokowej.

Narzuty kamienne o gramaturze od tłuczni przez kamień łamany o średnicy  $5 \div 50$  cm posadowione są na geowłókninie od strony istniejącego falochronu, a od strony zatoki dodatkowo na materacu gabionowym  $6 \times 2 \times 0,3$  m. Podstawowym narzutem ochronnym falochronu są dwie warstwy gwiazdobloków o ciężarze 50 kN i rzędnej korony 4,12 m n.p.m. Gwiazdobloki w liczbie 2305 sztuk wykonano w Zakładzie Prefabrykacji Hydrobudowy Gdańsk S.A.. Od strony zatoki narzut z gwiazdobloków jest chroniony dodatkowo warstwą bloków kamiennych o ciężarze  $25 \div 35$  kN (rys. 6).

Dno w przestrzeni pomiędzy koroną istniejącego falochronu a konstrukcją projektowanego narzutu ochronnego jest przykryte warstwą kamienia łamanego o średnicy  $5 \div 50$  cm. W kierunku brzegu projektowany narzut ochronny przechodzi łagodnym łukiem w obudowę brzegu. Długość narzutu ochronnego (licząc od osi głowicy do początku umocnienia brzegu) wynosi:

1. odcinek prosty zasadniczy – 340 m,
2. odcinek prosty przejściowy – 50 m,
3. odcinek łukowy – 113 m.

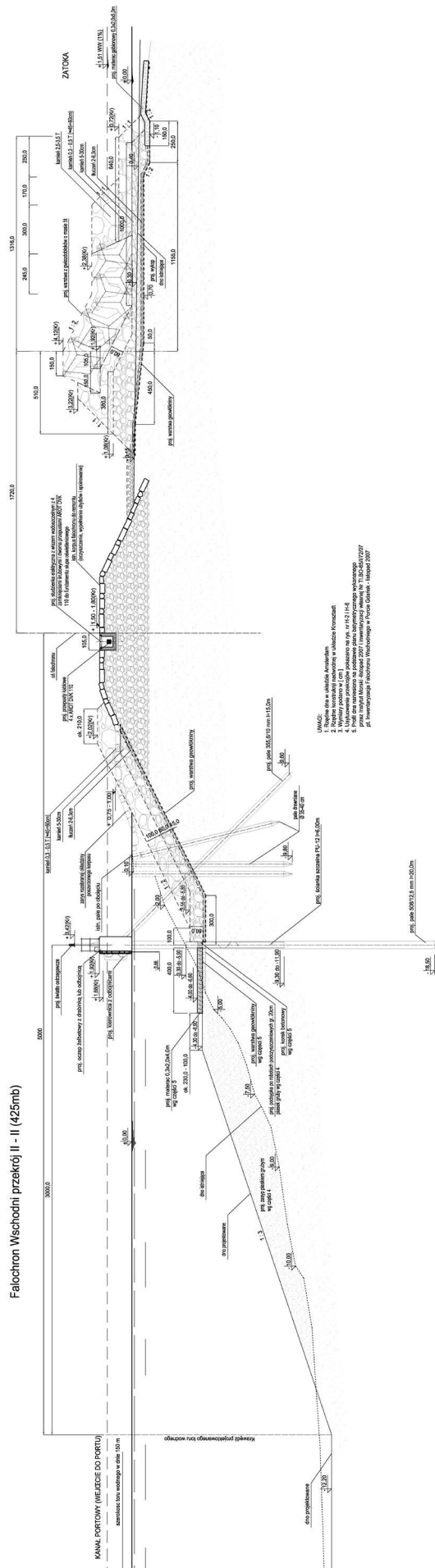
Falochron Wschodni przekroj 3-3 (200mb)



- UWAGI:
1. Rozpiętość dna w skrajnych punktach konstrukcji.
  2. Wykresy przekrojów w skrajnych punktach konstrukcji.
  3. Wykresy przekrojów w 1/3 i 2/3 długości konstrukcji.
  4. Użytkownik przekrojów przekrojów na rys. 6 i 7.

Rys. 5. Pierwotny, podstawowy przekroj przez falochron [1]

Falochron Wschodni przekroj II - II (425mb)



- UWAGI:
1. Rozpiętość dna w skrajnych punktach konstrukcji.
  2. Wykresy przekrojów w skrajnych punktach konstrukcji.
  3. Wykresy przekrojów w 1/3 i 2/3 długości konstrukcji.
  4. Użytkownik przekrojów przekrojów na rys. 6 i 7.
  5. Wykresy przekrojów przekrojów na rys. 6 i 7.

Rys. 6. Projektowy przekroj przez falochron [1]





- Wykonaniu konstrukcji rozpraszającej falowanie od strony zachodniej falochronu (od strony toru wodnego) – długości 650 m.

Konstrukcję rozpraszającą od strony wejścia do portu zaprojektowano jako kamienny narzut ochronny z wyprofilowaną skarpą w nachyleniu 1:2 na odcinku zasadniczym. Jest to konstrukcja praktycznie identyczna na całej długości projektowanej przebudowy. W projektowanej konstrukcji wyróżnić należy kilka odcinków różniących się nieco z powodu ich lokalizacji:

- odcinek zasadniczy stanowi skarpa o nachyleniu 1:2, wykonana z trzech warstw kamienia różnej granulacji od 2 do 60 cm; skarpa ta od strony toru wodnego podparta jest ścianką szczelną, której korona znajduje się na rzędnej -5,9 m;
- ścianka szczelna stanowi wypełnienie pomiędzy palami rurowymi  $\phi$  508/12,5 mm wbitymi do rzędnej -18,5 m; pale te, w rozstawie co 9,57 m, są usztywnione palami ukośnymi o nachyleniu 1:1 zagłębionymi w koronie falochronu; po wymodelowaniu na nich

żelbetowej głowicy stanowią podpory dla kierownicy wzdłuż falochronu wykonanej z dwóch równoległych brusów z profili PU-12 (rys. 6);

- końcowy odcinek (na styku z nabrzeżem Północnym) stanowi grodza z profili PU-28  $l = 23,5$  m o wymiarach w poziomie  $10,5 \times 10,5$  m.
- Wykonaniu wzmocnienia głowicy falochronu.

Konstrukcję głowicy poszerzono w stosunku do pierwotnej. Część północno-wschodnią, gdzie głębokości są niewielkie, stanowi identyczna konstrukcja jak narzutu ochronnego na odcinku zasadniczym.

Od strony północnej i wejścia do portu (od przyjętej osi istniejącego falochronu) w sektorze  $130^\circ$  zaprojektowano ściankę szczelną wbitą w łuku (ścianka kombinowana HZ775C-12/AZ18). Na ścianie szczelnej wykonano żelbetowy oczep o rzędnej 0,92 m. Konstrukcję wzmocniono kotwami gruntowymi Titan 73/53 i koronką  $\phi$  200 mm nachylonymi do poziomu pod kątem 35, 40 i 45 stopni (rys. 7).



Rys. 8. Budowa umocnienia połączeniowego



Rys. 10. Prace katarowe i nasypowe



Rys. 9. Prace nasypowe



Rys. 11. Wykonywanie mikropali w części głowicowej





Rys. 12. Kolejne etapy prac



Rys. 15. Falochron po przebudowie



Rys. 13. Wykonywanie oczepu grodzdy u nasady falochronu



Rys. 16. Widok na nabrzeże serwisowe i głowicę



Rys. 14. Górna część pław torowych



Rys. 17. Widok na wyremontowany dawny korpus



Zасыпы piaszczyste za ścianką szczelną w części korpusu wykonano do rzędnej -1,4 m. Na zasypie piaszczystym i geowłókninie wykonano 3 warstwy narzutów kamiennych, podobnej granulacji jak narzuty odcinka zasadniczego falochronu. Narzut ochronny z gwiazdobloków i bloczków kamiennych kończy się w sektorze 130 stopni i przechodzi w koronę kamiennego narzutu rozpraszającego, jaki zaprojektowano na odcinku od strony wejścia do portu.

- Wykonaniu nabrzeża serwisowego o długości 63 m dla statku obsługi nawigacyjnej  
Nabrzeże postojowe do okresowego postoju niewielkich jednostek Urzędu Morskiego w Gdyni wykonano jako konstrukcję pomostową na palach stalowych. Nabrzeże o rzędnej korony pomostu + 1,92 m wyposażono w pachoty cumownicze ZL 10, odbojnice, drabinki wyjściowe, stojak sprzętu ratunkowego, barierki ochronne i drewnianą ramę osłonową (rys.16).
- Wykonaniu nowej kierownicy falochronu i jej oznakowaniu.

Kierownicę wykonano z dwóch poziomych rzędów brusów PU-12 wzmocnionych w środkowej części płaskownikami 16×670×3000 mm. Brusy są przymocowane do żelbetowych głowic wymodelowanych na stalowych palach. Na brusach zamocowano gumowe odbojnice typu MDB 200×200. Ponadto na głowicach dałb zamocowano odbojnice typu ANP 400×1500. Co czwartą dałbę wyposażono w drabinki wylazowe. Kierownica i nabrzeże serwisowe wyposażono w nawigacyjne światła ostrzegawcze (rys. 7).

- Wykonaniu rekonstrukcji zniszczonej stawy (czerwonej) na głowicy falochronu.
- Wykonaniu nowego oznakowania nawigacyjnego w tym sześciu sztuk prototypowej konstrukcji pław przegubowych.
- Wykonaniu zasypów z umocnieniem dna od strony zachodniej falochronu.
- Wykonaniu robót czerpalnych na torze wodnym.

Wybrane zestawienia wykonanych robót podstawowych obrazuje tabl. 1.

Tabl. 1. Wybrane ilości robót podstawowych [2]

| Lp.  | Opis robót  | Jednostka      | Liczba   |
|--|---|----------------|----------|
| <b>Roboty rozbiórkowe</b>                          |   |                |          |
| 1  | Obcięcie pali drewnianych   | szt.           | 2034     |
| <b>Roboty kafarowe</b>                             |   |                |          |
| 1  | Wbijanie pali stalowych $\phi$ 508 mm, $L = 16 \div 22$ m                                 | szt.           | 110      |
| 2  | Wbijanie pali stalowych $\phi$ 356 mm, $L = 15$ m   | szt.           | 134      |
| 3  | Wykonanie kotew mikropalowych TITAN   | mb.            | 1199,50  |
| <b>Konstrukcje narzutowe</b>                       |   |                |          |
| 1  | Roboty czerpalne  | m <sup>3</sup> | 23659,10 |
| 2  | Układanie geowłókniny na dnie   | m <sup>2</sup> | 29161,94 |
| 3  | Układanie podsypki tłuczniowej i narzutu kamiennego                                       | m <sup>3</sup> | 52726,04 |
| 4  | Ułożenie gwiazdobloków  | szt.           | 2305     |
| 5  | Ułożenie materacy i koszy gabionowych   | szt.           | 679      |
| <b>Konstrukcje żelbetowe</b>                       |   |                |          |
| 1  | Konstrukcja nadwodna nadbudowy nabrzeża postojowego, oczepów kierownicy, głowicy i grodzy | m <sup>3</sup> | 686,50   |
|  | Naprawa korony istniejącego falochronu i trasa kablowa                                    |                |          |
| 1  | Układanie rur ochronnych o przekroju 110 mm   | mb             | 2958,48  |
| 2  | Wykonanie spoin betonowych  | mb             | 22517,67 |
| <b>Remont wieży światła wejściowego czerwonego</b> |   |                |          |
| 1  | Wykonanie konstrukcji stalowej wieży wraz wymianą lampy nawigacyjnej                      | szt.           | 1,00     |
| <b>Roboty podczyszczeniowe i zasypowe</b>          |   |                |          |
| 1  | Roboty pogłębiarskie  | m <sup>3</sup> | 47180,00 |
| 2  | Roboty zasypowe   | m <sup>3</sup> | 26315,00 |
| 3  | Wyrównanie narzutu  | m <sup>3</sup> | 12200,00 |

## PODMIOTY REALIZUJĄCE ZADANIE

Modernizacja wejścia do Portu Wewnętrznego była prowadzona przez Urząd Morski w Gdyni przy współfinansowaniu przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Projekt jest komplementarny z inwestycją Urzędu Morskiego pod nazwą: „Modernizacja wejścia do Portu Wewnętrznego w Gdańsku. Etap II – przebudowa szlaku wodnego na Martwej Wiśle i Motławie”, gdzie w zakres rzeczowy wchodzi przebudowa kanału Płonie, remont nabrzeża Szyprów oraz pogłębienie toru wodnego na Martwej Wiśle, a także przebudowa nabrzeży Ołowianki i nabrzeży przy ul. Wiosny Ludów na Motławie [5].

Projekt Modernizacji wejścia do Portu Wewnętrznego, a w tym Przebudowy Falochronu Wschodniego wykonało Biuro Projektów „WUPROHYD” Sp. z o.o. w Gdyni.

Funkcję Inżyniera Kontraktu w tym projekcie pełnił Grontmij Polska Sp. z o.o.

Wykonawcą prac było Konsorcjum Hydrobudowa Gdańsk S.A. i Przedsiębiorstwo Robót Podwodnych i Czerpalnych

Sp. z o.o., a podwykonawcami były firmy Keller Polska Sp. z o.o. i P.P.U.H. Conservice.

Zdjęcia wykonał - Wojciech Kaładkiewicz

## LITERATURA

1. Biuro Projektów Wuprohyd Sp. z o.o. w Gdyni: Projekt Budowlany Przebudowy Falochronu Wschodniego w Porcie Gdańsk, Projekt nr TI.2.BO-/50/I/72/08, 2008 (Projektanci: mgr inż. Korzeński M., mgr inż. Pawłowski P., i in.).
2. Broszura informacyjna: Modernizacja wejścia do Portu Wewnętrznego (w Gdańsku), Urząd Morski w Gdyni, 2012.
3. Cieślak E., Biernat Cz.: Dzieje Gdańska, Wydawnictwo Morskie Gdańsk 1975.
4. <http://www.umgdy.gov.pl/pium/fundusze/podglad?kod=96uoc1w512.puzf1bw511>
5. <http://www.umgdy.gov.pl/pium/fundusze/podglad?kod=33yxysfb82.ceowlsfb81>
6. [www.portgdansk.pl](http://www.portgdansk.pl)